

火力発電プラント向け計装制御システム “MELSEP5”

西嶋宏樹*
三木政幸*
佐内孝太郎*

Instrumentation and Control System "MELSEP5" for Thermal Power Plants

Hiroki Nishijima, Masayuki Miki, Kotaro Sanai

要旨

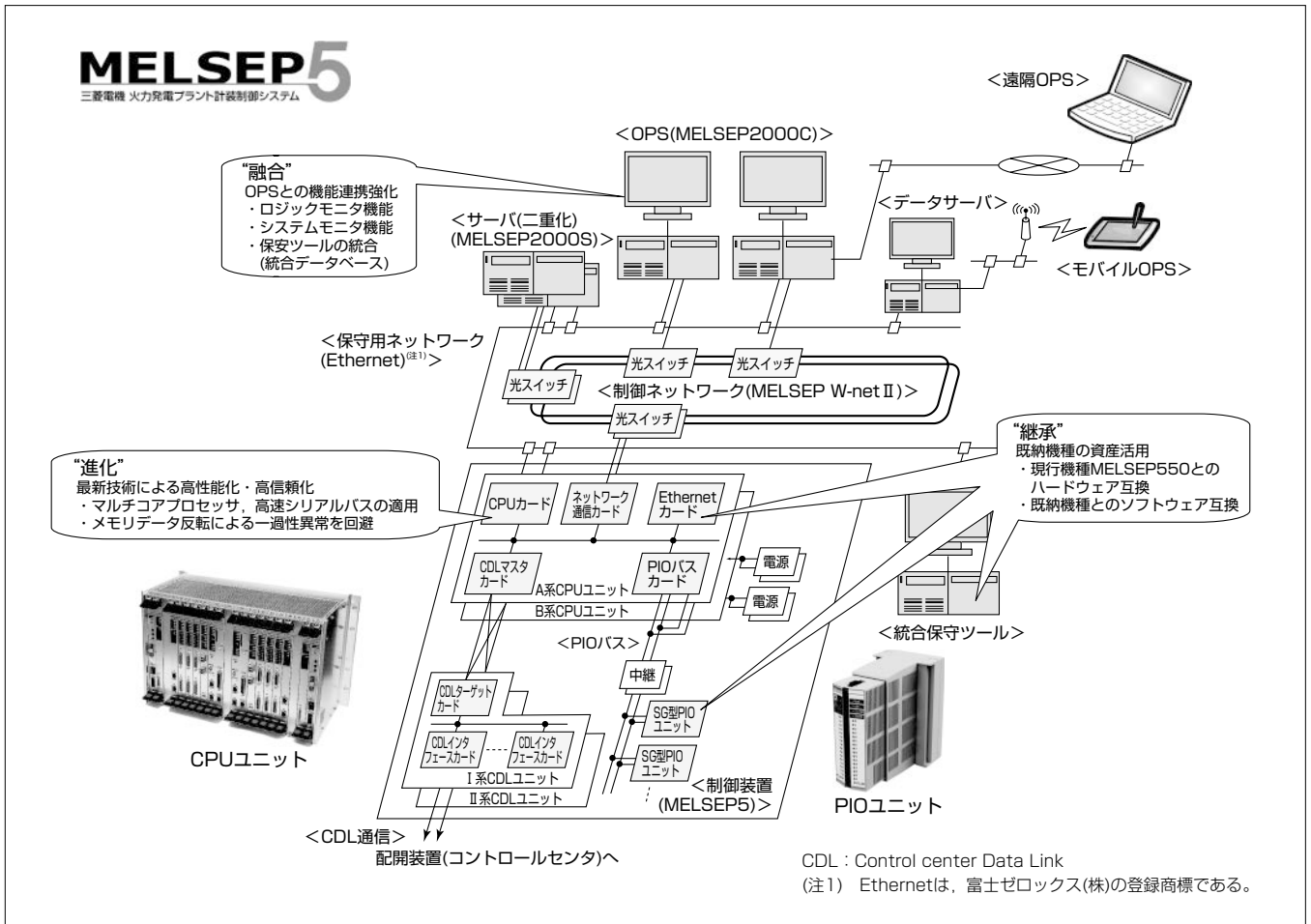
火力発電プラント向け計装制御システム“MELSEPシリーズ”は1980年代から開発・生産を開始し、これまで国内全電力会社へ600システム以上を納入してきた。現行機種“MELSEP550”は2000年の市場投入から10年以上が経過して新機種投入時期を迎えており、機能面・コスト面で更に製品競争力を高めた新機種“MELSEP5”を開発した。

開発にあたっては、ユーザーへのニーズヒアリング、他社製品とのベンチマーク、現行機種からの改善検討などを行い、次の3つのキーワードを開発コンセプトに掲げた。

- (1) 進化：最新技術による高性能化・高信頼化
- (2) 融合：OPS (Operator Station) との機能連携強化
- (3) 継承：既納機種の資産活用

最新技術としてマルチコアプロセッサや高速シリアルバスを適用し、機能連携としてOPS上でのロジックモニタ・システムモニタ等を実現した。さらに、既納機種の資産活用として、MELSEP550とのハードウェア互換を実現し、カード単位・PIO (Process Input Output) ユニット単位での部分更新を可能とした。また、既納機種で製作したプラント制御ソフトウェアをMELSEP5対応に自動変換し、長年のプラント運転で確立された既設ソフトウェアの品質維持も併せて可能とした。

本稿では、MELSEP5の開発コンセプト、製品の特長、実工事への適用例等、これまでの取組みについて述べる。



“MELSEP5”の開発コンセプト

火力発電プラント向け計装制御システム“MELSEPシリーズ”の最新機種としてMELSEP5を開発した。開発にあたっては、“進化”“融合”“継承”という3つのコンセプトを掲げて取り組んだ。

1. ま え が き

火力発電プラント向け計装制御システム“MELSEPシリーズ”は1980年代から開発・生産を開始し、これまで国内全電力会社へ600システム以上を納入してきた。

現行機種MELSEP550は2000年の市場投入から10年以上が経過し新機種投入時期を迎えており、2010年から開発コンセプトの検討を開始し、2014年3月の初品出荷に向けて新機種MELSEP5の開発を行ってきた。

図1に、MELSEPシリーズ各機種の主仕様と変遷を示す。

2. 開発コンセプト

MELSEP5の開発にあたって、ユーザーへのニーズヒアリング、他社製品とのベンチマーク、現行機種からの改善検討等を行い、その結果“進化”“融合”“継承”という3つの開発コンセプトを掲げた。

2.1 進化：最新技術による高性能化・高信頼化

(1) 高性能化

現在、国内での新設火力発電プラントはガスタービンコンバインドサイクル方式が多く、MELSEP550では1軸あたり3装置(タービン制御装置、HRSG(排熱回収ボイラ)制御装置、補機制御装置)を設けているが、MELSEP5では1装置だけでプラント制御を行えるよう高性能化を目指し、次の最新技術を適用した。

- ①CPUカードに高性能マルチコアプロセッサを適用
- ②CPUシステムバスに高信頼の高速シリアルバスを適用

(2) 高信頼化

近年、半導体の微細化・低電圧化によって、宇宙線メモリ上のデータが反転するというSEU(Single Event Upset)現象が顕在化してくる可能性がある。MELSEP5では従来機種からの更なる高信頼化を実現するため、メモリデータ反転による一過性異常の回避に取り組み、メモリ全般に対して徹底的なSEU対策を施した。

- ①主メモリにECC(Error Check and Correct：エラー検出・修正)機能付きメモリを採用。

- ②ECC機能が付いていないキャッシュメモリには、三菱電機独自のデータ反転検出機能とデータリカバリー機能を搭載。

2.2 融合：OPSとの機能連携強化

これまでの機種では、制御装置とOPSはそれぞれで機能完結し、必要なデータだけを制御ネットワークで送受信していたが、制御装置とOPSを統合化したDCS(Distributed Control System：分散制御システム)構成を実現するため、MELSEP5では制御装置とOPSの機能連携強化を目指し、新たに次の機能を設けた。

(1) ロジックモニタ機能

OPS上で制御装置内プラント制御ソフトウェアの動作状況を表示。

(2) システムモニタ機能

OPS上で計装制御システム全体、及び各装置の状態や故障発生部位を表示。

(3) 保守ツールの統合

制御装置用・OPS用保守ツールを統合し、制御装置～OPS間の信号データを統合データベースとして一括管理。

2.3 継承：既納機種の資産活用

これまでMELSEPシリーズは国内全電力会社へ600システム以上納入しており、今後の既設置更新工事では既納機種のハードウェア資産・ソフトウェア資産を活用して、既設置で確立した品質の継承、部分更新の実現、工事期間の短縮を目指した。これを実現するため、新たに次の機能を開発した。

(1) 現行機種MELSEP550とのハードウェア互換

CPUカード・通信カードはカード単位でMELSEP5のカードへ取り替え可能とした。PIOは既設端子台に接続された外部ケーブルを解線せずに、PIOユニットだけをMELSEP5シリーズへ取り替え可能とした。これらによって、プラント停止期間に応じた部分更新・一括更新等、最適な更新方法を実現可能とした。

(2) 既納機種とのソフトウェア互換

既納機種で製作したプラント制御ソフトウェアを、保守ツールで自動変換してMELSEP5で使用可能とした。ロジック演算要素、パラメータ、コンパイル時のデータ構造まで一致させ、長年のプラント運転で確立された既設ソフトウェアの品質を確保しながら、装置更新を可能とした。

3. 製品の特長

3.1 制御装置の特長

先に述べた開発コンセプトの実現とともに次の取組みを行い、製品競争力を向上させた。

(1) CPUカードへの機能取り込みと拡張性向上

MELSEP550ではCPUカードと別にCPU拡張カード、Ethernet通信カードが必要であったが、MELSEP5ではこ

機種名	主仕様	1980年代	1990年代	2000年代	2010年以降
MELSEP 500/700	・CPU Intel 80386(16MHz) ・主メモリ 1MB		生産中止 1995年	生産期間 保守期間	保守期間 2010年
MELSEP 500PLUS	・CPU Intel 80486(25MHz) ・主メモリ 3MB		生産中止 2006年	生産期間 保守期間	保守期間 2016年
MELSEP 550	・CPU Intel Pentium®(133MHz) Intel Pentium III(400MHz) ・主メモリ 64MB		初品出荷 2000年	生産期間	
MELSEP 5	・CPU Freescale® P2020(1GHz) (デュアルコア) ・主メモリ 1GB			開発着手 2010年	初品出荷 2014年3月 生産期間

(注2) Pentiumは、Intel Corp.の登録商標である。
(注3) Freescaleは、Freescale Semiconductor, Inc.の登録商標である。

図1. MELSEPシリーズの変遷

これらの機能をFPGA(Field Programmable Gate Array)化、ファームウェア化してCPUカードに取り込み、カード枚数を削減した。また、CPUユニットへのカード収納枚数を増やして拡張性を向上させた(MELSEP550：最大21枚→MELSEP5：最大34枚)。

(2) 電源カードの削減

MELSEP550ではA系・B系それぞれのCPUユニットに電源カード(出力150W)を実装していたが、MELSEP5ではCPUユニット外部に大容量電源カード(出力400W)を設置してA系・B系双方のCPUユニットへ供給し、電源カード枚数を削減した。電源カードは電解コンデンサの経年劣化のため定期交換が必要だが、その枚数を削減することによって定期交換費用の低減に寄与する。

(3) 盤面数削減

MELSEP550ではPIOユニットを2列×6段配置していたが、MELSEP5ではPIOユニットをコンパクト化して3列×8段まで配置可能とし、PIO盤1面あたりの収納台数を増やした(MELSEP550：24台/面→MELSEP5：48台/面)。また、CPU盤に収納する各種ユニットの奥行き寸法を縮小し、CPU盤裏面にもI/Oモジュールを収納可能とした。

これらによって盤面数の削減を実現し、図2に示すように、PIOユニット48台(すべてデジタル入力なら約1,600点)の場合、MELSEP550では3面必要であったが、MELSEP5では2面(実質1.5面)に削減した。

(4) リベット筐体(きょうたい)の適用

MELSEP550までの機種では溶接筐体を採用しており、1面あたり約110か所の溶接が必要であった。MELSEP5では溶接技能に依存せずに筐体を製作できるようにリベ

ット筐体を採用した。これによって筐体製作品質の均一化を実現した。このリベット筐体採用では、火力発電所向け機器に求められる耐震規程“JEAC 3605”に基づき振動試験を行い、入力振動0.75G(注4)でも動作異常・破損が起こらないことを確認した。

(注4) 重要度クラスI，設計レベル2，機器設置3階の場合に求められる機器据付け面での入力振動。

3.2 OPSの特長

OPSは現行機種を適用するが、追加機能として制御装置との機能連携強化に取り組んだ。

(1) ロジックモニタ機能

MELSEP550までの機種では、制御装置とOPSはそれぞれで機能完結しており、制御装置内プラント制御ソフトウェアの動作状況は保守ツールでしかモニタできなかった。そのため、OPS画面にプラント制御に関する警報が表示された場合、まず制御装置からOPSへの該当伝送信号を図面上で調べ、プラント運転員が保守ツールまで移動して該当の制御装置内ソフトウェアを確認していた。

今回、OPS画面に制御装置内プラント制御ソフトウェアを直接表示して動作状況を確認する“ロジックモニタ機能”を開発し、さらに、表示するだけでなく次の機能も追加して操作性・視認性の向上を実現した(図3)。

- ①OPSでの表示情報(警報一覧、データ一覧等)からワンクリックで関連する制御装置内プラント制御ソフトウェアの該当箇所を自動表示。
- ②OPSで制御装置内プラント制御ソフトウェアのパラメータを調整可能。過去2,000件の調整履歴を保存。
- ③OPSで制御装置内プラント制御ソフトウェアの各演算要素について出力固定・データ設定が可能。

(2) システムモニタ機能

MELSEP550までの機種では、OPSには各装置の集約状態(正常/重故障/軽故障のどれか)しか表示しておらず、各装置内部の具体的な故障部位については、制御装置盤内の故障表示グラフィックパネル又は保守ツールで確認していた。

今回、具体的な故障部位や故障要因の情報をOPS画面に表示する“システムモニタ機能”を開発した。これによって、プラント運転員が制御装置盤や保守ツールまで移動する

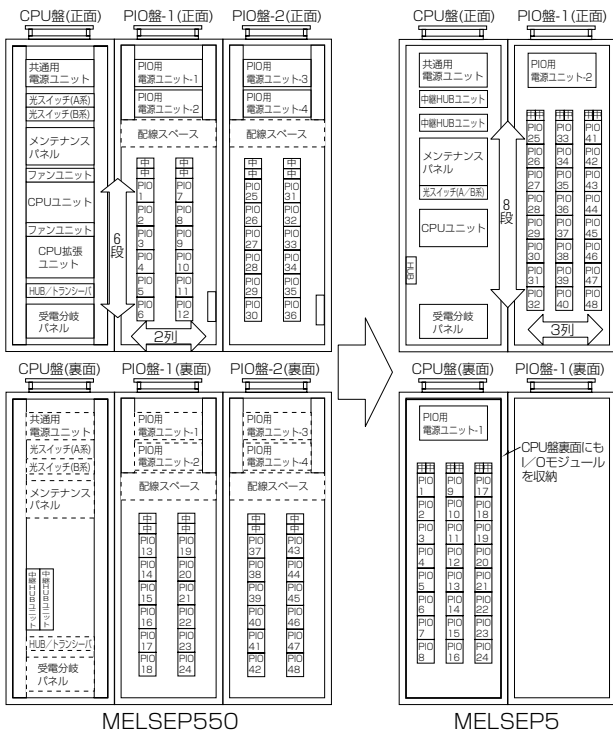


図2. 盤面数の削減

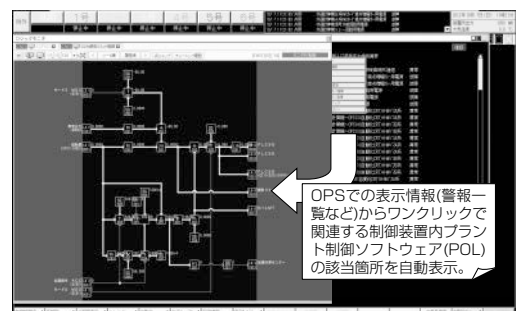


図3. ロジックモニタ画面

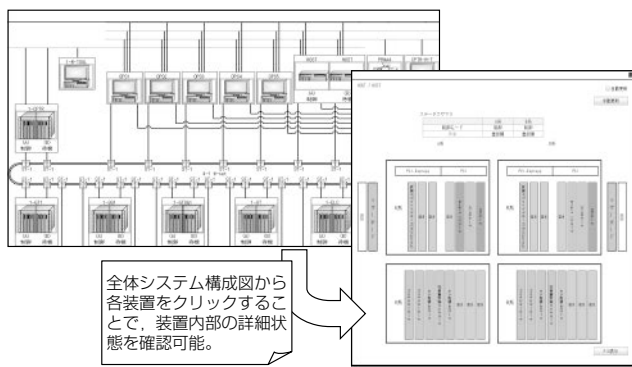


図4. システムモニタ画面

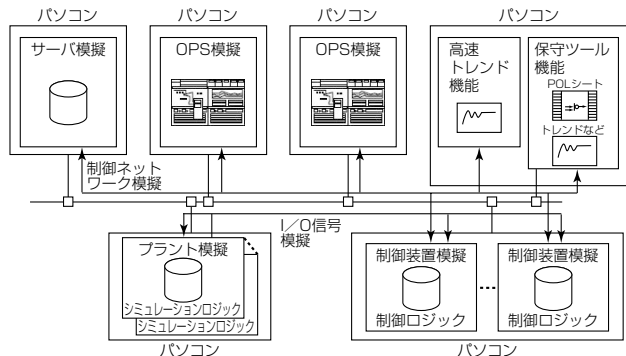


図5. 複数パソコンを使用したデスクサイドシミュレーション構成

ことなく、OPS画面上で故障部位、故障要因を詳細に把握することができ、故障復旧時間を短縮することができる(図4)。

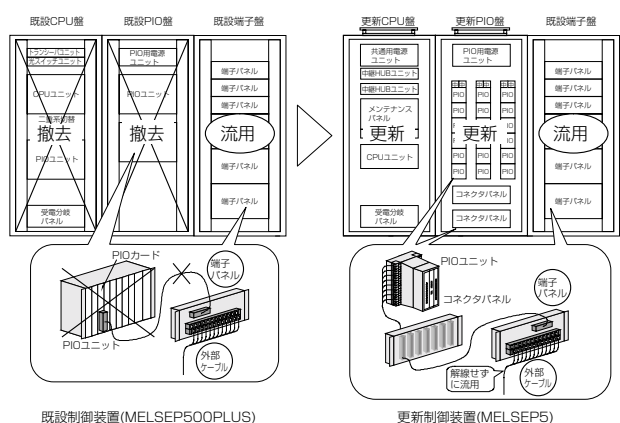
3.3 MELSEP5用保守ツールの特長

(1) 自動変換による既納機種ソフトウェアの活用

MELSEPシリーズではプラント制御ソフトウェアをPOL言語(Problem Oriented Language: 問題向き言語)で製作しており、MELSEP5用保守ツールでは既納機種で製作した既設POLを自動変換する機能を開発した。この自動変換機能は、既設POLの各演算要素の処理・パラメータ・演算要素間の接続等をすべて互換性を保って変換し、コンパイル後のデータ構造も同一構造として、演算結果が一致するように設計した。これによって、長年のプラント運転で確立された既設POLのソフトウェア品質を確保しながら、MELSEP5への更新工事を可能とした。

(2) ソフトウェア試験環境・ツールの改善

これまではプラント制御ソフトウェアを製作した後、納入機器(制御装置・OPS)を用いて、試験設備であるプラント模擬シミュレータと接続し、ソフトウェアのシミュレーション試験を実施してきた。MELSEP5では、パソコン内に制御装置・OPSの模擬環境を構築し、納入機器がなくてもシミュレーション試験が行える“デスクサイドシミュレーション機能”を開発した(図5)。制御対象である火力発電プラントの挙動もパソコン内にシミュレーションロジックとして構築することができる。これによって、納入機器が製作途中の段階でも、パソコン上でシミュレーション試験を行うことができ、工場試験期間の短縮を可能とした。



既設制御装置(MELSEP500PLUS)

更新制御装置(MELSEP5)

図6. 既設端子盤流用による装置更新

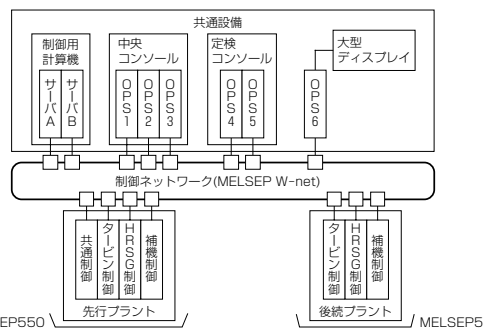


図7. 先行プラントと後続プラントの同一ネットワーク接続

4. 工事適用例

4.1 既設プラント更新工事

MELSEP5の初号機適用工事は、二世代前のMELSEP500 PLUSからの更新工事である。現場発信器・アクチュエータ等からの外部ケーブルが接続されている端子盤はそのまま流用し、CPU盤とPIO盤をMELSEP5へ更新する。また、既設装置でのプラント制御ソフトウェアは自動変換して流用する(図6)。これらによって、既設装置で確立されたケーブル接続品質やソフトウェア品質を保ちながら、MELSEP5への更新を実現する。

4.2 新設プラント工事

新設プラントでのMELSEP5初適用は、1軸型ガスタービンコンバインドプラントを予定している。MELSEP5は同一ネットワーク上での既納機種混在を可能としているので、先行プラントで納入したMELSEP550と後続プラント向けMELSEP5を同一ネットワークで接続し、サーバ・OPSを共用することが可能である(図7)。

5. むすび

MELSEP5は2014年3月の初号機出荷に向けて製作中である。今後は、タブレット端末によるモバイルOPS機能や他社装置とのMODBUS^(注5)通信接続、保守ツールの機能向上等、ユーザーメリットにつながる機能拡充を行い、更に顧客満足を得られる製品とすることに努めていく。

(注5) MODBUSは、Schneider Automation Inc.の登録商標である。